Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(ehem. Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Adolf Kröncke)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Quantitative Untersuchungen zur Belagbildung im Seitenzahngebiet des Oberkiefers

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Frank Kahlbrandt
aus Hamburg

1965

8365

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(ehem. Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Adolf Kröncke)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Quantitative Untersuchungen zur Belagbildung im Seitenzahngebiet des Oberkiefers

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Frank Kahlbrandt
aus Hamburg

1965

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

Dekan: Professor Dr. W. SCHULTE

1. Berichterstatter: Professor Dr. A. KRÖNCKE
2. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. E. FRÖHLICH

Fotodruck PRÄZIS · Tübingen

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I	Einleitung und Problemstellung	1
II	Literaturübersicht	2
	A Vorarbeiten	2
	B Dünne Folien als Zahnsteinträger	3
	C Quantitative Experimente mit genormten Folien	4
III	Eigene Untersuchungen	8
	A Material und Methode	8
	B Versuchsplanung	16
	C Auswahl der Versuchspersonen	17
	D Verträglichkeit der Plättchen	20
	E Versuchsanordnung	22
	F Ergebnisse	22
IV	Diskussion der Ergebnisse	25
	A Absolute Gewichte der gewonnenen Beläge	25
	B Gewichte der je Flächeneinheit gewonnenen Beläge	26
V	Zusammenfassung	30
VI	Literaturverzeichnis	32
	Lebenslauf	

I EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Zahnsteinforschung war bis 1957 auf zwei Gebiete beschränkt:

1. Die Untersuchung von Plaques und Konkrementen, die zu ihrem Studium von den Zähnen entfernt worden waren oder an extrahierten Zähnen gefunden wurden.
2. Die Untersuchung der In-vitro-Zahnsteinbildung.

Ein neues Gebiet, die In-vivo-Zahnsteinforschung, wurde durch die Anwendung von Zahnsteinträgern erschlossen. Hierbei handelt es sich um Plättchen, in der Regel aus Kunststoffolie, die an den Zähnen befestigt und im Munde getragen werden. Sie dienen dem Studium frühen Zahnsteins, der im natürlichen Milieu der Mundhöhle gewonnen und unversehrt daraus entfernt werden kann.

Wenn diese Zahnsteinträger genormt werden, ermöglichen sie außerdem quantitative Untersuchungen der Belagbildung. Alle bisherigen Versuche mit normierten Zahnsteinträgerfolien wurden ausnahmslos an den Lingualflächen unterer Incisivi durchgeführt. Schon nach klinischen Erfahrungen ist aber zu vermuten, daß die Bedingungen zur Plaques- und Zahnsteinbildung an anderen Abschnitten der Mundhöhle davon mehr oder weniger abweichen.

In der vorliegenden Arbeit wird deshalb die Belagbildungsgeschwindigkeit an Buccalflächen oberer Prämolaren und Molaren mit genormten Zahnsteinträgern untersucht. Anhand der Ergebnisse wird die Eignung normierter Kunststoff-Zahnsteinträgerfolien für quantitative Experimente im Seitenzahngebiet des Oberkiefers geprüft.

II LITERATURÜBERSICHT

Es wird ein Überblick gegeben über die Methoden, die bisher zur Gewinnung von Untersuchungsmaterial für die In-vivo-Zahnsteinforschung angewendet wurden. Zur Erforschung der Plaques und der frühen Formen des Zahnsteins ist es notwendig, aus der Mundhöhle Material zu erhalten, das bei der Entfernung in seiner Struktur möglichst unbeschädigt bleibt. Dies wird erreicht, wenn die Beläge sich auf Zahnsteinträgern bilden, die dem Milieu der Mundhöhle ausgesetzt und wieder entfernt werden können. Es mußten also für Zahnsteinträger geeignete Materialien und Befestigungsarten gefunden werden.

A VORARBEITEN

In der Kariesforschung wurden zuerst auf im Munde angebrachten Trägern gebildete Beläge untersucht. ENNEVER, ROBINSON und KITCHIN (3) konstruierten ein brückenähnliches Gerüst (denture frame, pontic), um einzelne Zahnlücken zu überbrücken. Es trug einen Celloidinblock, der die Lücke ausfüllte. Der Block wurde zu ungefährer Zahnform und -größe zurechtgeschnitten, seine Oberfläche durch Alkoholbehandlung geglättet. Plaques, die auf solchem "Celloidin-Zahn" gebildet wurden, konnten bei erhaltener Struktur (without disturbing its relationship) untersucht werden.

Heute werden Kunststoffolien zur Herstellung von Zahnsteinträgern verwendet. Diese Methode geht auf ZANDER (27) zurück, der mit Hilfe kleiner Plättchen (strips) den Ansatz des inneren Saumepithels darstellte. Die Plättchen wurden aus Zellulose-Acetat-Folien ausgeschnitten und mit leichtem Druck in die Zahnfleischtaschen eines jungen Hundes eingeführt. Für kurzdauernde Experimente blieben sie unbefestigt. Bei längerem Verweilen wurde ein Plättchenende mit einem Füllmaterial in einer eigens präparierten Kavität oberhalb des Zahnfleischsaumes befestigt. Über die Dicke der Folien und die Tragedauer waren keine Informationen erhältlich. Der Autor weist auf die eventuell bessere Verwendbarkeit von Mylar-Polyester-Folie hin.

B DÜNNE FOLIEN ALS ZAHNSTEINTRÄGER

MANDEL, LEVY und WASSERMANN (7), eine Forschergruppe um ZANDER, stellten zuerst Zahnsteinträger aus dünnen Folien her. Für histologische und histochemische Untersuchungen der Zahnsteinbildung konturierten sie 0,07 mm dicke Zelluloidstreifen so, daß sie die approximale und linguale Oberfläche unterer Frontzähne von unterhalb des Zahnfleischsaumes bis zur halben Höhe der Krone bedeckten. Sie wurden mit einem 0,2 mm dicken Stahldraht fixiert, der in Höhe des oberen Streifendrittels um den Zahn herumlief. Die Versuchspersonen waren als Zahnsteinbildner bekannt. Sie wurden angehalten, ihre normale Mundhygiene weiter zu betreiben und das Vorhandensein der Streifen so gut wie möglich zu ignorieren. Die Tragedauer reichte von 3 bis 29 Tagen. Die Autoren verwendeten diese Methode auch zur Gewinnung von Plaques, um deren weitere Verkalkung in vitro zu studieren (26).

Zur Untersuchung des Anhaftens des Zahnsteins am Zahn benutzten VORAEDIS und ZANDER (25) 0,001 Zoll dicke Plättchen (strips) aus Mylarfolie, die sie mit dünnem Stahldraht (orthodontic wire) an vorher von Zahnstein gesäuberte untere Frontzähne banden. Die Liegedauer betrug 62 Tage.

HAZEN und ZANDER (4), BAER und BURSTONE (1), HAZEN (5) und SCOTT, WRIGHT und ZANDER (23) benutzten nach vorhergehenden Versuchen mit Zelluloid- und Nylon-Folien (1), die weniger gute Resultate brachten, 6,5 µ dicke Mylarfolien (Mylar 25 C) zur Herstellung der Plättchen (strips), die sie auf die oben beschriebene Weise im Munde anbrachten. Sie gewannen damit Material zur chemischen, histologischen, histochemischen und elektronenmikroskopischen Untersuchung der Zahnsteinbildung.

Auch SCHNEIDER (11, 12, 9) erhielt bei vergleichenden Versuchen über die Eignung verschiedener Materialien als Boden der Plaquesbildung zur In-vivo-Zahnsteinforschung die besten Ergebnisse bei Verwendung von Mylarfolie. Er verglich Stoffstreifen aus Seide, Baumwolle und Leinen, Zellulose-Acetat-Folien, Papier-Kunststoffolien, glatte Mylarfolien sowie ein- und beidseitig mit einem Sandstrahlgebläse angerauhte Mylarfolien. Auf den angerauhten Mylarfolien hafteten die Plaques besser. Die Folien ließen sich gut am Zahn befestigen. Außerdem eigneten sich beidseitig angerauhte Folien am besten für die Celloidin-Einbettungsmethode, weil sie die größte Haftfähigkeit im Celloidin aufwiesen. Die nach der von MANDEL et al. (7) entwickelten Methode parabelförmig zugeschnittenen Plättchen waren etwa 6 mm hoch und incisal etwa 7 mm breit. Sie wurden auf der lingualen Fläche unterer Incisivi mit einem 0,2 mm

starken Stahldraht befestigt, der labial zusammengedreht war und dessen Knoten in den Interdentalraum geführt wurde.

C QUANTITATIVE EXPERIMENTE MIT GENORMTEN FOLIEN

Die bis dahin von allen Autoren angewandten Methoden erlaubten ausschließlich qualitative Auswertungen der frühen Zahnsteinformen. Wegen der Unregelmäßigkeit der Ablagerungen sind quantitative Aussagen über Zahnstein anhand histologischer Schnitte oder Reihenschnitte nicht möglich.

SCHROEDER und MARTHALER (13) beschrieben 1961 eine normierte Zahnsteinträgerfolie. Mit ihr konnte die Geschwindigkeit der Zahnsteinbildung gemessen werden, indem die in einer Zeiteinheit gebildeten Ablagerungen gewogen wurden. Aus einem Mylar-Folienblatt stanzten sie mit einer speziell angefertigten Stahlstabstanze Plättchen aus. Die Schneide der Stanze hatte eine dreieckige Form mit abgerundeten Ecken (Höhe: 6,5 mm; größte, incisal gelegene Breite: 6,0 mm; marginaler Winkel: 60°). Auf einer Hartgummiplatte wurden die Folienplättchen mit einem angewärmten großen Kugelstopfer gebuckelt, so daß bei ihrer Applikation ein weitgehender Randschluß gewährleistet war. Die Autoren lochten beide obere Ecken der Plättchen mit einer Kofferdamzange (Durchmesser der Perforationen ca. 0,5 mm). Zur Befestigung an der Lingualfläche eines unteren Incisivus wurde ein Nylonfaden (Clark's White Nylon Machine Twist S - 69) so an einem Plättchen angebracht, daß er, im Mittelteil unter ihm verlaufend, der Zahnfläche anlag und, seitlich aus den Löchern austretend, den Folienrand incisal an den Zahn preßte. Dabei war die konkave Fläche des Zahnsteinträgers dem Zahn zugekehrt, so daß sein Rand überall dicht abschloß. Die Ligatur lief interdental um den Zahn herum und war labial 3- bis 4-fach verknotet, der Knoten interdental versteckt. Marginal stand der Plättchenrand in der Zahnfleischtasche. Auf diese Weise wurden bei 9 Versuchspersonen an beiden unteren mittleren Incisivi dreimal während einer Woche Plättchen angebracht, nachdem vorher die Zähne sorgfältig gereinigt worden waren.

SCHROEDER und MARTHALER (13) berichten, daß auf die beschriebene Weise hergestellte und angebrachte Folien genauer und reizloser sitzen als die bis dahin verwendeten. Der Übergang vom Zahnfleisch zur Folie war lingual glatt. Die Applikation war einfach und schnell durchführbar. Der Ligaturenfaden verletzte die Interdentalpapillen nicht. Die Folien wurden nach Eingewöhnung ohne Beanstandung getragen. Leichte temporäre entzündliche Veränderungen kamen

in 2 bis 3 Fällen vor. Wurden die Folien bei Engstand in der unteren Front angebracht, entstand bis zur gleichmäßigen Verteilung des Separationsdruckes nach 1 bis 2 Tagen ein Spannungsgefühl und eine leichte Beweglichkeitserhöhung des betreffenden Zahnes.

Die Versuchspersonen wurden angehalten, ihre normale Mundpflege unter Schonung der Lingual- und Labialflächen der unteren mittleren Frontzähne fortzuführen.

Nach einwöchiger Expositionszeit wurden die Folien entfernt, im Exsiccator getrocknet und gewogen. Danach durchliefen sie eine Absäuerungsreihe, die die Beläge vollständig entfernte. Die gesäuberten Folien wurden wieder getrockent, gekühlt und gewogen. Die Differenz beider Gewichte ergab die Belagsgewichte.

Die Autoren kamen zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Belagbildungsgeschwindigkeiten waren bei den 9 Versuchspersonen sehr verschieden. Sie schwankten je Zahn zwischen 0,356 mg und 2,044 mg.
2. Die bei den einzelnen Versuchspersonen während der drei Versuchsreihen gebildeten Zahnsteinmengen waren verschieden. Die durchschnittliche Belagbildung pro Versuchspersonengruppe blieb jedoch gleichmäßig. Sie betrug beim ersten Versuch pro Zahn 0,740 mg, beim zweiten Versuch 0,795 mg und beim dritten Versuch 0,814 mg.
3. Rechter unterer und linker unterer mittlerer Incisivus wiesen durchschnittlich symmetrische Belagmengen auf. Im Durchschnitt aller Versuche wurde an den rechten unteren mittleren Incisivi 0,786 mg, an den linken 0,778 mg Belag gebildet.
4. Der Methodenfehler war relativ klein. Das zeigte sich daran, daß bei Änderungen des Gesamtbelaggewichtes von Versuchsreihe zu Versuchsreihe die Gewichte der auf linken Incisivi gewonnenen Beläge sich im gleichen Verhältnis änderten wie die der rechten Incisivi.
5. Die Variabilität in der Bildung der Belagmenge wurde durch zwei Faktoren bedingt: 1. durch den Methodenfehler und 2. durch individuelle biologische Einflüsse. Dies wurde daraus ersichtlich, daß das Durchschnittsquadrat des Versuchsfehlers signifikant größer war als das des Methodenfehlers. Der prozentuale Versuchsfehler betrug 22,4 %. Die zitierten Autoren (13) folgern daraus, daß diese Methode zwar keine genaue, aber doch eine zuverlässige Aussage über die Geschwindigkeit der Zahnsteinablagerungen erlaubt. Durch diese Ergebnisse ist auch die Wiederholbarkeit der Methode gesichert.

In der Folgezeit wurden bei zahlreichen Experimenten der In-vivo-Zahnsteinbildung genormte Zahnsteinträger benutzt. SCHROEDER und MARTHALER (15) untersuchten mit normierten Zahnsteinträgern die Bildungsgeschwindigkeit frühen Zahnsteins an 5 Studenten während dreier 4-Tage- und einer 12-Tage-Periode. Dabei erwies sich die durchschnittliche Bildungsrate als unabhängig von der Tragedauer der Folien. Bei einzelnen Versuchspersonen ergaben sich Abweichungen.

SCHROEDER und MÜHLEMANN (21) prüften Bildungsrate und Symmetrie der Ablagerungen jungen Zahnsteins. An einer Probandengruppe von 12 Personen untersuchten sie das Trockengewicht und die anorganische Zusammensetzung von Belägen, die sie auf genormten Folien während 7 aufeinanderfolgender 4-Tage-Perioden gewonnen hatten. Dabei führten die Versuchspersonen paarweise Mundspülungen mit verschiedenen Substanzen durch. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, daß den signifikanten Unregelmäßigkeiten der Ablagerungen bei den Individuen und bei linken und rechten Incisivi eine Regelmäßigkeit und Symmetrie der Zahnsteinbildung im Gruppenmittel gegenüber stehen.

DOSSENBACH und MÜHLEMANN (2), SCHROEDER, MARTHALER und MÜHLEMANN (14), MULLER, SCHROEDER und MÜHLEMANN (10), SCHROEDER, SCHAIT und MÜHLEMANN (16) und SCHROEDER, MULLER und MÜHLEMANN (18) untersuchten ebenfalls die Einflüsse verschiedener in die Mundhöhle eingebrachter Substanzen auf die Zahnsteinbildungsraten. Während gleicher aufeinanderfolgender Zeitspannen wurden genormte Folien der Mundhöhle ausgesetzt, zuerst ohne Veränderung des Milieus, darauf unter Einfluß der zu prüfenden Substanzen. Die Gewichte der gewonnenen Beläge wurden miteinander verglichen. Quantitative Aussagen über die Beeinflussung der Zahnsteinbildung waren möglich.

SCHROEDER (19) benutzte die beschriebene Methode zur anorganischen Analyse und zur histologischen Darstellung des frühen Zahnsteins.

SCHROEDER, LENZ und MÜHLEMANN (6, 20, 22) gewannen mit diesen Zahnsteinträgern Präparate zur elektronenoptischen Darstellung jungen Zahnsteins. Sie benutzten Triafol-Folien (Bayer BN; Dicke: 0,06 mm).

Alle bisher beschriebenen Experimente wurden an unteren Frontzähnen durchgeführt. Für vergleichende Forschungsarbeiten über "Parotis" und "Mandibularis-Zahnstein" wäre es vorteilhaft, über eine quantitative Untersuchungsmethode zu verfügen. In der vorliegenden Arbeit wurden genormte Zahnsteinträger-

Plättchen aus Kunststoff an oberen Molaren und Prämolaren angebracht, um die Belagbildungsrate zu messen.

Die für untere Incisivi entwickelten Plättchen (Folien) lassen sich auch an anderen Zahnflächen anbringen. Auf solche Weise gewonnene Beläge gestatten jedoch nur qualitative Auswertungen. Trotz der Normierung der Plättchen ist die Wiederholbarkeit in quantitativer Hinsicht nicht gegeben. Die für die Zahnsteinablagerung prädilektierten Flächen anderer Zähne sind größer als die Lingualflächen unterer Frontzähne. Ein Plättchen der bisher verwendeten Art bedeckt an größeren Flächen nur einen Ausschnitt der Gesamtfläche. Wenn im Verlauf der Versuche nach Entfernung des ersten Plättchens ein zweites am gleichen Zahn angebracht wird, bedeckt dieses einen anderen Ausschnitt der Gesamtfläche. Wegen der Ungleichmäßigkeit der Ablagerungen können die auf solche Weise in aufeinanderfolgenden Experimenten gewonnenen Belaggewichte te nicht miteinander verglichen werden. Durch die Herstellung geeignet geformter normierter Plättchen sollen quantitative Untersuchungen der Belagbildung im Seitenzahngebiet des Oberkiefers ermöglicht werden.

Zur Kontrolle und zum Vergleich mit den Ergebnissen von SCHROEDER et al. (z.B. 13) soll gleichzeitig eine Versuchsreihe an unteren Frontzähnen durchgeführt werden.

III EIGENE UNTERSUCHUNGEN

A MATERIAL UND METHODE

Für die vorliegenden Untersuchungen hielten wir uns im wesentlichen an die von SCHROEDER und MARTHALER (13) angegebene Methodik.

a) Herstellung der Plättchen

Von 10 erwachsenen Personen wurden Gipsmodelle der Oberkiefer hergestellt. Für je einen ersten und zweiten Prämolaren sowie ersten und zweiten Molaren wurden Papierplättchen ausgeschnitten. Ihre Formen wurden so gewählt, daß sie die buccalen Flächen aller entsprechenden Zähne der Gipsmodelle weitgehend bedeckten. So wurde eine Durchschnittsform gefunden, die bis in die Interdentalräume reichte und das incisale Drittel freiließ. Nach dem Muster dieser Plättchen wurden Stahlstanzen mit einer sehr scharfen Schneidekante hergestellt. Damit stanzten wir auf einer Bleiunterlage Plättchen aus Mylarfolie (Du Pont/Typ A 200; Dicke: 0,051 mm) aus (Abbildung 1).

Zur Herstellung der Plättchen für untere Incisivi wurde eine Stanze benutzt, die nach dem Muster der von SCHROEDER et al. (z.B. 13) in Zürich verwendeten dort angefertigt worden war*).

Die Plättchen wurden an den beiden Ecken, die nach occlusal orientiert werden sollten, mit einer Kofferdamzange gelocht. Der Durchmesser der Perforationen betrug 0,65 mm.

---

*) Für die ausführliche Beratung und freundliche Unterstützung möchte ich Herrn Dr. Hubert E. Schroeder herzlich danken.

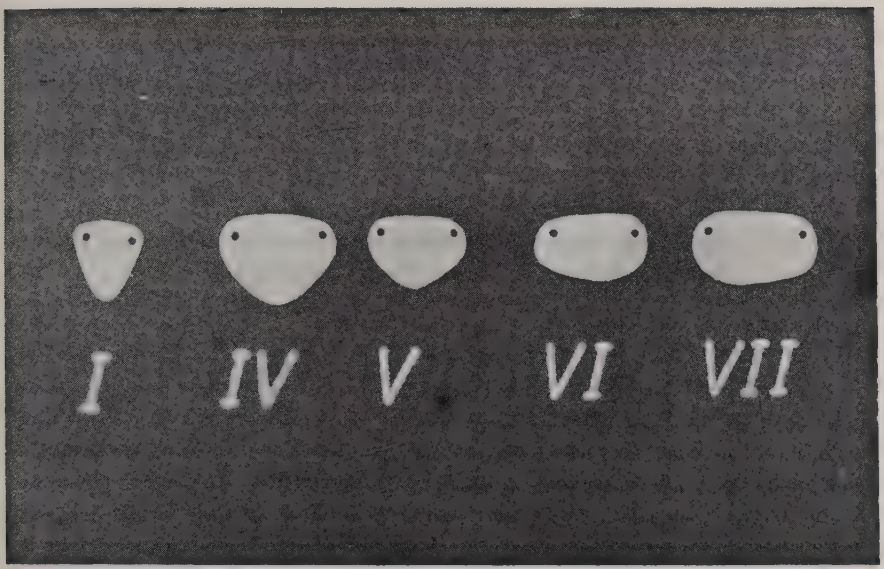


Abbildung 1: Aus Mylarfolie ausgestanzte genormte Zahnsteinträger-Plättchen.
Plättchen Form I wurde für untere Incisivi hergestellt, die Formen IV und V für obere Prämolaren, die Formen VI und VII für obere Molaren.

b) Reinigen der Plättchen

Bei der Herstellung eventuell hervorgerufene Verunreinigungen beseitigte die folgende Reinigungsreihe:

Salpetersäure, 20 %	30 Minuten
Spülung mit Aqua dest.	
Natronlauge, 20 %	30 Minuten
Spülung mit Aqua dest.	
Antiformin	30 Minuten
Spülung mit Aqua dest.	
Alkohol, 70 %	10 Minuten

Nach dieser chemischen Behandlung wurden die Plättchen 3 Stunden lang bei 110° getrocknet und anschließend im Exsiccator aufbewahrt.

c) Befestigung der Plättchen am Zahn

Mit einer warmen Stahlkugel (großer Kugelstopfer) wurden die Plättchen auf einer harten Gummiplatte konkav verformt. Dadurch lagen die Folienränder nach Befestigung am Zahn gleichmäßig dicht an. Zur Befestigung wurden durch die Löcher an den coronalen Ecken und unterhalb des Kontaktpunktes um den Zahn herum ein weißer Nylonfaden geführt (Clark's White Nylon Machine Twist S - 69 Das Plättchen reichte mit seiner cervicalen Kante in die physiolgische Zahnfleischtasche.

SCHROEDER et al. (z.B. 13) banden die Plättchen derart an den Zahn, daß der Nylonfaden unter der Folie der Zahnoberfläche anlag. Der größere Anteil des incisalen Randes des Plättchens wurde also nicht durch den Faden an den Zahn gepreßt. Das Plättchen lag durch die eigene, bei der Behandlung mit der warmen Stahlkugel erhaltene Spannung an. Wurden die Plättchen im Oberkieferseitenzahngebiet so angebracht, dann behielten sie nur bis zur ersten mechanischen Beanspruchung einen einwandfreien Sitz. Sobald Kräfte auf sie einwirkten, z.B. beim Kauen, hoben sie sich von der Zahnfläche ab, so daß der Speisebrei zwischen Plättchen und Zahn retiniert wurde. In der Folge blieben die Plättchen nicht in der Zahnfleischtasche fixiert. Sie hingen lose am Haltefaden und mußten entfernt werden. Der Grund für das unterschiedliche Verhalten der am Oberkiefer angebrachten Plättchen gegenüber jenen an unteren Incisivi wurde darin gesehen, daß die von der warmen Stahlkugel erhaltene Spannung nicht ausreichte

die Folienränder der erheblich größeren Molarenplättchen über längere Zeit an die Zahnfläche zu drücken. Die occlusale Plättchenkante ist länger, die buccale Zahnfläche ist konvex gegenüber der leicht konkaven Lingualfläche unterer Incisivi. Außerdem ist die mechanische Beanspruchung in der Gegend des Kauzentrums um ein Vielfaches größer als im Frontzahngebiet.

Ein dichter Randschluß und eine zuverlässige Fixierung der Plättchen wurde dadurch erreicht, daß der Faden über die Folienplättchen geführt wurde und den incisalen Rand an den Zahn preßte.

Die Verknotung des Fadens erfolgte im Oberkiefer auf der palatinalen Seite der Zähne. Am besten gelingt der Knoten bei Verwendung eines Nadelhalters, wie es in der Chirurgie bei engen Raumverhältnissen gebräuchlich ist.

d) Feststellung des Belaggewichtes

Nachdem die Plättchen dem Milieu der Mundhöhle ausgesetzt waren, wurden sie bei 110° 3 Stunden getrocknet, im Exsiccator abgekühlt und dann gewogen. Danach wurden die Beläge sorgfältig von den Folien entfernt und zwar durch die gleiche chemische Behandlung wie vor ihrer Applikation. Nach 3-stündiger Trocknung und anschließender Kühlung wurden die Plättchen wiederum gewogen. Die Differenz beider Gewichte ergab die Belagmenge.

e) Standardabweichung der Waage

Die Wägungen wurden mit einer Mikrowaage (Mettler B 6) durchgeführt. Die Standardabweichung der Waage, in 42 Kontrollwägungen festgestellt, betrug:

$$s_{\bar{x}} = \pm 0{,}00694 \text{ mg.}$$

f) Flächeninhalte der Plättchen

Bei der von SCHROEDER und MARTHALER (13) mitgeteilten Methode ist zur Berechnung der Zahnsteinbildungsrate nicht nötig, die exponierten Flächen zu berücksichtigen. Diese Autoren verwendeten für alle Experimente genormte Träger gleicher Fläche.

Abweichend davon wurden in der vorliegenden Arbeit genormte Plättchen mit verschiedenen Formen benutzt. Um die auf ihnen erhaltenen Beläge mengenmäßig miteinander vergleichen zu können, mußte die Zahnsteinbildung pro

Flächeneinheit errechnet werden. Die direkte Flächenausmessung bereitete wegen der unregelmäßigen Plättchenformen Schwierigkeiten. Daher wurden zur Flächenberechnung die Gewichte der einzelnen Plättchenformen zum Gewicht einer definierten, aus Mylarfolie hergestellten Fläche in Beziehung gesetzt.

Eine graphische Darstellung der linearen Funktion Gewicht/Fläche von Mylarfolie dient zur Kontrolle der Berechnung. Im Koordinatensystem können die den verschiedenen Gewichten entsprechenden Flächen entnommen werden (Abbildung 2).

Die Gewichte der für untere mittlere Schneidezähne sowie obere zweite Prämolaren und erste Molaren verwendeten Mylarplättchen "I", "V" und "VI" *) und das Gewicht eines kreisrunden Plättchens "0" wurden nach der beschriebenen Vorbehandlung in 45 (I), 45 (V), 48 (VI) und 48 (0) Einzelwägungen bestimmt. Unter dem Mikroskop konnte mit einem Meßokular der Durchmesser des Plättchens 0 bestimmt werden. Nach der Formel $F = r^2 \pi$ wurde seine Fläche berechnet. Der nicht vermeidbar leicht zackige Rand einer gestanzten Kunststoffolie läßt Messungen nur bis zu einer Genauigkeit von $\pm$ 0,05 mm zu. Die Gewichtsverhältnisse der Plättchen I, V und VI zum Plättchen 0 ermöglichen die Berechnung ihrer Flächen (Tabelle 1).

---

*) Aus den im Kapitel "Versuchsplanung" erläuterten Gründen konnten nur an unteren mittleren Incisivi sowie oberen zweiten Prämolaren und ersten Molaren Plättchen angebracht werden.

Gewicht (mg)				Fläche (mm^2)	
Plättchen	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	gemessen	berechnet
0	1,772	± 0,035	± 0,0051	25,506	
I	1,933	± 0,052	± 0,0075		27,824
V	2,861	± 0,080	± 0,0119		41,181
VI	3,194	± 0,055	± 0,0080		45,802

Tabelle 1: Flächeninhalte der Zahnsteinträger aus Mylarfolie nach dem Verhältnis ihrer Gewichte zum Gewicht einer definierten Fläche (0) berechnet.

Zur graphischen Darstellung der linearen Funktion Gewicht/Fläche von Mylarfolie wurden mit 8 verschieden großen kreisrunden Stanzen Plättchen hergestellt, gewogen und unter dem Mikroskop ausgemessen. Eine Zusammenfassung der Meßdaten bringt die Tabelle 2.

Plättchen	Radius (mm)	Fläche (mm^2)	Gewicht (mg)
A	2,15	14,515	1,00
B	2,85	25,506	1,77
C	3,65	41,835	2,82
D	4,70	69,366	4,74
E	5,35	89,875	6,18
F	6,00	113,040	7,72
G	6,60	136,778	9,30
H	7,30	167,331	11,46

Tabelle 2: Meßdaten von 8 kreisförmigen Mylarplättchen zur graphischen Darstellung der linearen Funktion Gewicht/Fläche von Mylarfolie.

Nach der Übertragung der Meßdaten in ein Koordinatensystem wird die Funktion Gewicht/Fläche durch eine Gerade dargestellt. Die graphische Darstellung (Abbildung 2) bestätigt die Ergebnisse der Flächenberechnung (Tabelle 1).

Das Plättchen I hat die gleiche Form wie die von SCHROEDER et al. (z.B. 13) benutzte Folie. Sein Durchschnittsgewicht ($1,933 \pm 0,052$) liegt um 0,067 mg über dem der Züricher Folie ($1,990 \pm 0,055$). Diese Differenz entspricht einer um 0,0096 mm^2 größeren Fläche des hier benutzten Plättchens. Die sehr geringe Abweichung erlaubt einen Vergleich der auf dem Plättchen I gewonnenen Belagmengen mit den Züricher Ergebnissen.

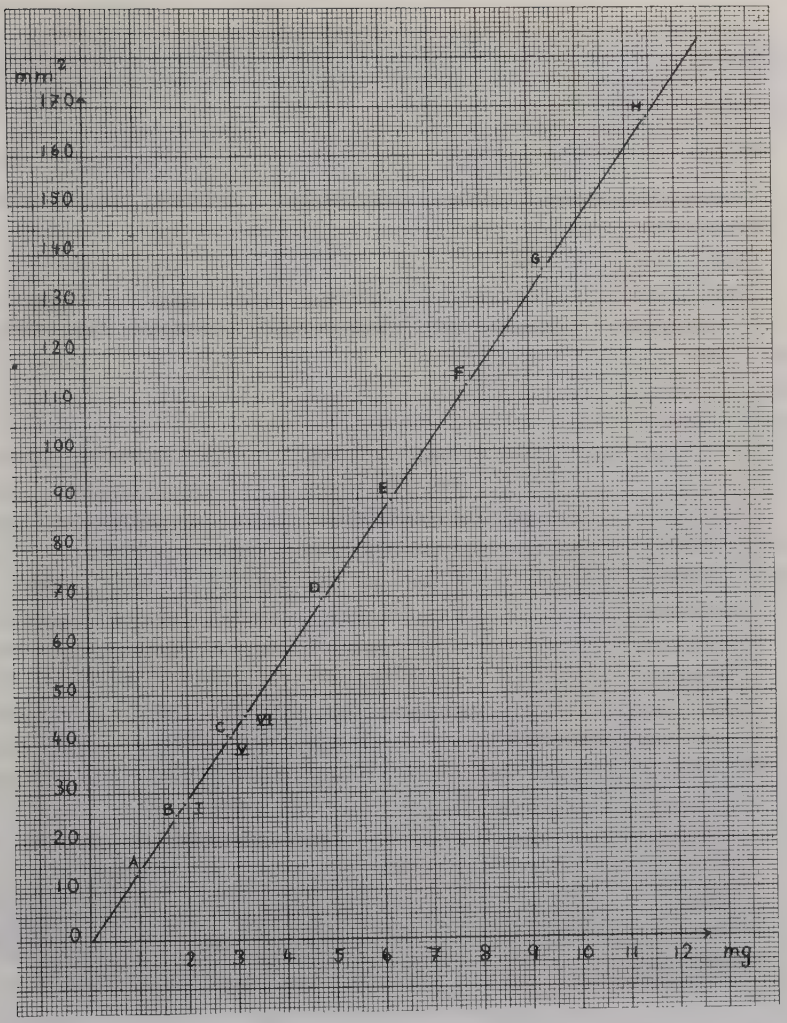


Abbildung 2: Graphische Darstellung der linearen Funktion Gewicht/ Fläche von Mylarfolie und eingezeichnete Werte der Plättchen I, V und VI, sowie der definierten kreisrunden Plättchen A bis H.

B VERSUCHSPLANUNG

Die eigenen Untersuchungen bauen im wesentlichen auf den Ergebnissen der von SCHROEDER et al. (8, 13, 17) durchgeführten quantitativen Untersuchungen auf. Diese Autoren hatten festgestellt, daß

1. quantitative Untersuchungen der frühen Zahnsteinbildung nicht an einzelnen Individuen, sondern nur an einer Gruppe möglich sind,
2. die Bildungsrate frühen Zahnsteins von der Liegedauer der Zahnsteinträger unabhängig ist.(Es wurde ein Zeitraum bis zu 12 Tagen untersucht.).
3. bei Versuchen an beiden mittleren unteren Incisivi ein Versuchsfehler von 22,4 % je Versuchsperson bestand. Bei Messungen an nur einem Zahn wäre er um 2,79 % gestiegen.

Deshalb wurde geplant:

ad 1. Die Belagbildungsrate sollte im Oberkiefer an den Zähnen 7, 6, 5 und 4 in einer Gruppe von 10 Versuchspersonen geprüft werden. Außerdem sollten im Unterkiefer am mittleren Schneidezahn Messungen vorgenommen werden, um durch die Wiederholung der Züricher Versuchsanordnung die Zuverlässigkeit der eigenen Untersuchungen zu kontrollieren.

ad 2. Die Versuchspersonen sollten die Kunststoffplättchen in drei aufeinander folgenden Perioden tragen. Die zweite und dritte Periode sollten verschiedene Vielfache der ersten Periode sein, um eine definierte Relation der gewonnenen Belaggewichte zu erhalten. Es wurden Zeiträume von 3, 6 und 9 Tagen gewählt. Die längste Applikationsdauer liegt noch innerhalb der Zeit, für die von SCHROEDER et al. (15) eine gleichmäßige Belagbildungsgeschwindigkeit festgestellt wurde.

ad 3. Es wurden nur in einer Kieferhälfte Zähne mit Plättchen versehen, um eine größere Beeinträchtigung der Mundpflege der Versuchspersonen zu vermeiden. Dabei ergab sich allerdings eine Erhöhung des Versuchsfehlers um 2,79 % auf 25,19 % je Versuchsperson gegenüber den Züricher Versuchen.

Die zitierten Autoren (17) weisen auf eine eventuelle Beeinträchtigung ihrer Ergebnisse durch Einflüsse unbekannter Art hin. Diese könnten während des zeitlichen Ablaufs der Versuchsreihen wirksam geworden sein, weil sie die Reihenversuche an einer Gruppe gleichzeitig ausführten. In den vorliegenden Untersuchungen sollten solche möglichen Einflüsse dadurch ausgeschaltet werden, daß die einzelnen Versuchsperioden bei den verschiedenen Individuen zu verschiedenen Zeiten begonnen wurden.

Erfahrungen am Beginn der Experimente machten eine Änderung des Versuchsplanes notwendig:

1. Am ersten Prämolaren wurden aus ästhetischen Gründen keine Messungen vorgenommen. Der Zahn befindet sich im sichtbaren Bereich. Die Versuchspersonen klagten übereinstimmend über das unsaubere Aussehen einer mit Belägen behafteten Folie auf der Buccalfläche des ersten Prämolaren.

2. Der Halt der Plättchen hängt bei oberen Molaren davon ab, daß der Haltefaden durch die "Kontaktfläche" am Abgleiten gehindert wird. Die klinische Krone oberer zweiter Molaren zeigt palatinal häufig eine annähernd ebene, bisweilen sogar occlusalwärts geneigte Fläche. Der unter sich gehende Anteil der palatinalen Kronenfläche liegt dann unter dem Zahnfleischsaum. Der Haltefaden, der am koronalen Rand des Plättchens liegt, läßt sich zwar palatinal unter den größten Umfang der Krone legen, bedarf dann aber gegen mechanische Einwirkungen des Speisebreis eines zusätzlichen Schutzes vor dem Abgleiten. Dies kann nur durch den Kontaktpunkt erreicht werden. Bei 8 von 10 der Versuchspersonen befand sich der dritte obere Molar in ungünstiger Stellung, im Durchtritt, oder er fehlte, so daß die angebrachten Plättchen während der Untersuchungsdauer nicht fixiert blieben. Deshalb wurden an zweiten Molaren keine Messungen durchgeführt.

C AUSWAHL DER VERSUCHSPERSONEN

Es wurden möglichst gleichartige Versuchspersonen ausgewählt, um äußere Einflüsse auf die Ergebnisse weitgehend auszuschließen. Alle Individuen hatten folgende Eigenschaften:

1. männliches Geschlecht,
2. annähernd gleiches Alter (zwischen 24 und 30 Jahren).
3. keine allgemeinen Erkrankungen,
4. keine Parodontopathien,
5. konservativ gut versorgtes Gebiß,
6. kein Lückengebiß
7. keine oder nur geringe Stellungsanomalien,
8. keine abnormen Ernährungsgewohnheiten.

Von jeder Versuchsperson wurde vor Beginn der Versuche auf einer Karteikarte ein Befund aufgenommen. Die Ergebnisse der Versuche wurden auf der gleichen Karte eingetragen. (Eine Befundkarte wird auf den Seiten 18 und 19 dargestellt.)

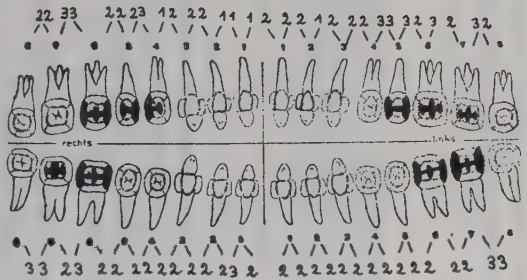
Name: Gantner Vorname: Klaus geb.: 2.2.1941 Beruf: cand.med.dent

Anamnese:	Befund:
FA: (besondere Krankheiten) ø	EZ und KZ: sehr gut
EA: 1944 Masern, 1946 Scharlach	Allgemeine Erkrankungen: ø
Operationen im Kieferbereich: ø	Schleimhäute des Mundes: o.B.
Kaugewohnheiten: gleichmäßig, beidseitig	Artikulation: keine Gleithindernisse, keine vorzeitigen Kontakte
Ernährungsgewohnheiten: ohne Besonderheiten	Parafunktionen: o.B.
Rauchen: bis zu 10 Zigaretten täglich Alkohol: gelegentlich	Stellungsanomalien: geringer Engstand in der Unterkieferfront; -1 steht lingual
Speichelsekretion: starker Speichelfluß	Parodontium: o.B., resistent
Zahnpflege: 3 x täglich	freiliegende Zahnhälse: 3-, -3
	Zahnsteinbefall: +

Beispiel einer Befundkarten-Vorderseite

Zahnstatus

Konservativ sehr gut versorgtes Gebiß, vorwiegend Goldgußfüllungen



Durch Plättchen bedingte Veränderungen:

1.) subjektiv: OK Reizung des Zahnfleisches, keine Gewöhnung, Plättchen rutschen beim Essen in die Taschen, Parafunktion der Zunge.
UK zu Beginn geringe Beschwerden, 4 Std.

2.) objektiv: +5 und +6 Gingivalsaum gerötet und geschwollen, Buccale Taschen 3 - 4 mm, geringer Druckschmerz, keine Sekretentleerung. Entzündliche Veränderungen bis 4.3.65.

Beispiel einer Befundkarten-Rückseite

Versuche

Plättchen wurden angebracht an den Zähnen:
+6, +5, 1-

3-Tage-Periode, Beginn: 19.1.65 Ende: 22.1.65
6-Tage-Periode, Beginn: 22.1.65 Ende: 28.1.65
9-Tage-Periode, Beginn: 17.2.65 Ende: 26.2.65

		I	V	VI
3-Tage-Periode	belegt	2,07	2,90	3,42
	leer	1,88	2,85	3,17
6-Tage-Periode	belegt	2,17	2,95	3,63
	leer	1,89	2,83	3,14
9-Tage-Periode	belegt	2,44	2,96	3,71
	leer	1,93	2,82	3,21

Gewicht der Plättchen (mg)

D VERTRÄGLICHKEIT DER PLÄTTCHEN

a) Beobachtungen der Versuchspersonen

Oberkiefer:
Alle Versuchspersonen gaben an, daß die Mundpflege der betreffenden Kieferhälfte merklich gestört war und ein Unsauberkeitsgefühl auftrat. Sie erfüllten alle angeblich die Bedingung, die mit Plättchen armierten Zähne nicht zu bürsten.

Alle Versuchspersonen gaben an, daß sie die Plättchen im Oberkiefer mit zunehmender Tragedauer als störend empfanden. Berichte über die Gewöhnung waren uneinheitlich.

7 Versuchspersonen (HH, SG, MD, LH, KF, PO, GK) gaben an, daß sie sich während aller 3 Perioden nicht an die Plättchen gewöhnten. Die übrigen Versuchspersonen machten keine genauen Angaben. Sie bezeichneten die Plättchen allgemein als störend, berichteten aber, daß sie die Anwesenheit der Plättchen zeitweise nicht bemerkten. Neben lokalen marginalen Beschwerden wurde der Kontakt der Wangenschleimhaut mit den Plättchen unangenehm empfunden. Außerdem erklärten alle Versuchspersonen, daß sie gelegentlich unbeabsichtigt mit der Zungenspitze an den im Oberkiefer angebrachten Plättchen spielten.

7 Versuchspersonen (HH, SG, MD, LG, KF, PO, GK) bemerkten leicht schmerzhafte, entzündliche Veränderungen am buccalen Zahnfleischsaum der mit den Plättchen versehenen Zähne. Diese Beschwerden bestanden während der gesamten Liegedauer und blieben teilweise bis zu einer Woche nach Abnahme der Plättchen bestehen.

3 Versuchspersonen (SG, LH, GK) klagten darüber, daß die Plättchen im Oberkiefer nicht genügend befestigt waren. Gelegentlich mußten sie die Plättchen, die sich besonders nach dem Essen in den Taschenfundus geschoben hatten, wieder herausziehen.

Unterkiefer:
5 Versuchspersonen (GS, LH, KF, GK, IC) empfanden die am mittleren unteren Incisivus angebrachten Plättchen anfänglich als störend. Sie berichteten übereinstimmend, daß sie sich bald an die Plättchen gewöhnten und ihre Anwesenheit während der Versuchsdauer nicht mehr bemerkten.

3 Versuchspersonen (GS, PO, IC) beobachteten während der ersten Stunden während der Applikation ein geringes Spannungsgefühl.

Alle Versuchspersonen spielten kurze Zeit nach Applikation der Plättchen häufig mit der Zungenspitze am lingual angebrachten Plättchen. Diese parafunktionellen Bewegungen traten längstens während des ersten Tages einer Periode auf.

Kein Proband empfand Plättchen an den Zähnen des Ober- und Unterkiefers als so unangenehm, daß er um eine Unterbrechung der Versuche bat.

b) Parodontale Befunde nach dem Tragen der Plättchen

Oberkiefer:
Bei allen Versuchspersonen traten an den mit Plättchen versehenen Zähnen marginal entzündliche Veränderungen auf. Der Gingivalsaum war gerötet, leicht geschwollen, aber nicht livide verfärbt. Er zeigte eine leichte Blutungsbereitschaft und geringe Druckschmerzhaftigkeit. Das Zahnfleisch konnte im Bereich der buccalen Taschen leicht vom Zahn abgehoben werden.

Bei 5 Versuchspersonen (SG, LH, KF, PO, GK) bestand eine geringe temporäre Vertiefung der buccalen Taschen um höchstens 1 mm. Sie verschwand nach Abklingen der entzündlichen Veränderungen. Es handelte sich um "Pseudotaschen", die durch die lokale entzündliche Schwellung des Gingivalrandes bedingt waren.

Klinisch konnten an keinem der mit Plättchen versehenen Zähne Lockerungen festgestellt werden.

Unterkiefer:
Das Parodontium der im Unterkiefer mit Plättchen armierten Zähne zeigte nur bei 2 Versuchspersonen (SG während der ersten und zweiten Periode; PO während der ersten und dritten Periode) entzündliche Reaktionen. Der Zahnfleischsaum war leicht gerötet und wies eine geringe Druckschmerzhaftigkeit auf.

Klinisch konnten keine Taschenvertiefungen und keine Lockerungen an unteren Frontzähnen festgestellt werden.

E VERSUCHSANORDNUNG

10 Versuchspersonen trugen während dreier aufeinanderfolgender Perioden von 3, 6 und 9 Tagen genormte Kunststoffplättchen an den Buccalflächen eines zweiten oberen Prämolaren und eines ersten oberen Molaren jeweils der gleichen Kieferhälfte, sowie an einem unteren Incisivus. Im Verlauf der Versuche wurden die Plättchen stets an denselben Zähnen einer Versuchsperson angebracht. Die Probanden wurden angehalten, ihre normale Mundpflege weiterzuführen, dabei aber die mit den Plättchen bedeckten Zähne nicht zu bürsten.

F ERGEBNISSE

Die Bestimmung der auf den Plättchen gebildeten Belagmengen erfolgte nach dem beschriebenen Verfahren. Die Einzeldaten konnten nach verschiedenen Gesichtspunkten zusammengefaßt werden:

1. Die auf jeder Plättchenart (I, V oder VI) je Versuchsperiode (3-, 6-, 9-Tage-Periode) im Gruppenmittel gebildete Belagmenge ($\bar{x}_{ar}$).
2. Summen der von der Gruppe je Plättchenart und je Periode gebildeten Beläge.
3. Summen der von der Gruppe während jeder der drei Perioden auf allen Plättchen gebildeten Beläge.
4. Summen der von der Gruppe je Plättchenart während aller Perioden gebildeten Beläge.
5. Summen der je Versuchsperson und je Periode gebildeten Beläge.
6. Summen der je Versuchsperson und Plättchenart gebildeten Beläge.
7. Summen der von jeder Versuchsperson insgesamt gebildeten Beläge.
8. Summe aller gewonnenen Beläge.

Tabelle 3 gewährt einen Überblick über die bei 10 Versuchspersonen während dreier Perioden gebildeten Belagmengen. Außerdem können aus der Tabelle die Zusammenfassungen der Einzelergebnisse entnommen werden.

Tabelle 4 gibt die je Flächeneinheit gebildeten Beläge in µg wieder. Die beiden Säulen am Ende der Tabelle stellen die im Gruppenmittel je Flächeneinheit gebildeten Beläge zusammen, einmal während der ganzen Periode ($\bar{x}_{ar}$), dann die tägliche durchschnittliche Belagbildung ($\bar{x}_{ar}$/die).

Versuchspersonen		HH	RJ	SG	MD	KG	LH	KF	PO	GK	JC	$\bar{x}_{ar}$	Gruppe
Periode	Plättchen												
3-Tage	I	0,40	0,67	0,40	0,12	0,36	0,17	0,23	0,49	0,19	0,10	0,313	3,13
	V	0,10	0,18	0,34	0,16	0,31	0,25	0,07	0,12	0,05	0,53	0,211	2,11
	VI	0,61	0,19	0,25	0,14	0,78	0,08	0,21	0,30	0,25	0,67	0,348	3,48
	I+V+VI	1,11	1,04	0,99	0,42	1,45	0,50	0,51	0,91	0,49	1,30	0,872	8,72
6-Tage	I	0,95	0,66	0,77	0,38	0,53	0,36	0,42	0,67	0,26	0,25	0,525	5,25
	V	0,14	0,15	0,64	0,33	0,21	0,25	0,12	0,16	0,12	0,60	0,272	2,72
	VI	0,57	0,06	0,45	0,78	0,32	0,44	0,53	0,55	0,49	0,74	0,493	4,93
	I+V+VI	1,66	0,87	1,86	1,49	1,00	1,05	1,07	1,38	0,87	1,59	1,290	12,90
9-Tage	I	1,27	0,80	1,00	0,81	0,72	0,47	0,88	0,83	0,51	0,52	0,781	7,81
	V	0,22	0,14	0,22	0,31	0,13	0,11	0,09	0,26	0,14	0,40	0,202	2,02
	VI	0,30	0,31	0,49	0,31	0,22	0,22	0,28	0,33	0,50	0,35	0,331	3,31
	I+V+VI	1,79	1,25	1,71	1,43	1,07	0,80	1,25	1,42	1,15	1,27	1,314	13,14
Summe	I	2,62	2,13	2,17	1,31	1,61	1,00	1,53	1,99	0,96	0,87	1,619	16,19
aller	V	0,46	0,47	1,20	0,80	0,65	0,61	0,28	0,54	0,31	1,53	0,685	6,85
Perioden	VI	1,48	0,56	1,19	1,23	1,32	0,74	1,02	1,18	1,24	1,76	1,172	11,72
	I+V+VI	4,56	3,16	4,56	3,34	3,58	2,35	2,83	3,71	2,51	4,16	3,476	34,76

Tabelle 3: Gewicht (mg) der auf den Zahnsteinträgern gewonnenen Beläge und die Zusammenfassung der Gewichte je Versuchsperson und für die Gruppe.

Versuchspersonen		HH	RJ	SG	MD	KG	LH	KF	PO	GK	JC	$\bar{x}_{ar}$	$\bar{x}_{ar}$/die
Plättchen	Periode												
I	3 Tage	14,4	24,1	14,4	4,3	12,9	6,1	8,3	17,6	6,8	3,6	11,3	3,77
	6 Tage	34,1	23,7	27,7	13,7	19,1	12,9	15,1	24,1	9,3	9,0	18,9	3,15
	9 Tage	45,7	28,8	35,9	29,1	25,9	16,9	31,6	29,8	18,3	18,7	28,1	3,12
V	3 Tage	2,4	4,4	8,3	3,9	7,5	6,1	1,7	2,9	1,2	12,9	5,1	1,70
	6 Tage	3,4	3,6	15,5	8,0	5,1	6,1	2,9	3,9	2,9	14,6	6,6	1,10
	9 Tage	5,3	3,4	5,3	7,5	3,2	2,7	2,2	6,3	3,4	9,7	4,9	0,54
VI	3 Tage	13,3	4,1	5,4	3,0	17,0	1,7	4,6	6,5	5,4	14,6	7,5	2,5
	6 Tage	12,4	1,3	9,8	17,0	7,0	9,6	11,5	12,0	10,7	16,1	10,7	1,78
	9 Tage	6,5	6,7	10,7	6,7	4,8	4,8	6,1	7,2	10,9	7,6	7,2	0,80

Tabelle 4: Je Flächeneinheit (mm^2) gewonnene Beläge (μg)

IV DISKUSSION DER ERGEBNISSE

A ABSOLUTE GEWICHTE DER GEWONNENEN BELÄGE

Die Größenordnung der Belagbildung entspricht derjenigen, die von SCHROEDER et al. (z.B. 13) angegeben wurde. Die vorliegenden Untersuchungen ergaben auf dem mit der Züricher Folie vergleichbaren Plättchen I während der 3-Tage-Periode pro Versuchsperson und Zahn eine durchschnittliche Belagmenge von 0,313 mg, während der 6-Tage-Periode 0,525 mg und während der 9-Tage-Periode 0,781 mg. Die zitierten Autoren gewannen während 7 Tagen durchschnittlich 0,783 mg Beläge.

Die Mengen der von den einzelnen Individuen gebildeten Beläge weichen erheblich voneinander ab. Während der ersten Versuchsperiode (3 Tage) bildeten sich auf den Plättchen I Belagmengen zwischen 0,10 und 0,67 mg, auf den Plättchen V Beläge zwischen 0,05 mg und 0,53 mg und auf den Plättchen VI Beläge zwischen 0,08 mg und 0,78 mg Gewicht.

Auch in der 6-Tage-Periode schwankten die Belaggewichte stark: Auf den Plättchen I zwischen 0,25 mg und 0,95 mg, auf den Plättchen V zwischen 0,12 mg und 0,64 mg und auf den Plättchen VI zwischen 0,06 mg und 0,78 mg.

Die dritte Periode ergab auf Plättchen I Schwankungen zwischen Werten von 0,47 mg und 1,27 mg, auf Plättchen V zwischen 0,09 mg und 0,49 mg, auf Plättchen VI zwischen 0,22 und 0,50 mg.

Diese Schwankungen der Belagmenge entsprechen jenen, die SCHROEDER et al. (z.B. 13) angeben. An 9 Individuen bei 7-tägiger Tragedauer an mittleren unteren Incisivi gewonnene Beläge schwankten zwischen 0,36 mg und 2,04 mg.

Dieses Ergebnis entspricht den Erwartungen, da nicht mit gleicher Belagbildungsmenge und -geschwindigkeit bei den Versuchspersonen gerechnet werden kann.

Vergleiche der Belagbildungsrate zwischen einzelnen Individuen und Folienarten bleiben deshalb unfruchtbar. Es lassen sich aber sogenannte "langsame"

Zahnsteinbildner (10), z.B. Versuchsperson LH: Gesamtablagerungsmenge 2,35 mg, von "schnellen" Zahnsteinbildnern, z.B. Versuchsperson HH: Gesamtgewicht der Ablagerungen 4,56 mg, unterscheiden.

Ein Vergleich der von der Gruppe gebildeten Beläge zeigt eine Zunahme der auf Plättchen I gebildeten Beläge mit Verlängerung der Tragedauer (3-Tage-Periode:3,13 mg; 6-Tage-Periode: 5,25 mg; 9-Tage-Periode: 7,81 mg). Nach doppelter Tragedauer (6 Tage) wurde eine 1,67 mal größere, nach 3facher Tragedauer (9 Tage) eine 2,5 mal größere Menge der in der ersten Periode (3 Tage) gebildeten Beläge gewonnen. Die auf den Plättchen V und VI gebildeten Beläge weisen von der 3-Tage- zur 6-Tage-Periode nur eine geringe Zunahme, von der 6-Tage- zur 9-Tage-Periode sogar eine Abnahme des Gesamtablagerungsgewichtes bis unter den Anfangswert auf. Bei doppelter und dreifacher Tragedauer wurde also von der Gruppe nur eine gleichgroße oder sogar geringere Belagmenge gebildet als bei einfacher Tragedauer.

Außerdem ergibt die Zusammenfassung der Einzelergebnisse, daß auf den Plättchen I mehr Belag (16, 19 mg) gebildet wurde als auf den größeren Plättchen V und VI (6,85 mg und 11,72 mg). Die Belagbildung erfolgte jedoch in gleicher Größenordnung.

B GEWICHTE DER JE FLÄCHENEINHEIT GEWONNENEN BELÄGE

Die Bestimmung der im Gruppenmittel pro Flächeneinheit und Tag gebildeten Belagmengen ermöglicht eine Beurteilung der Versuchsergebnisse. Die Voraussetzung für die Zuverlässigkeit eines solchen Verfahrens schafften die von SCHROEDER et al. (z.B. 17) an unteren Incisivi erhaltenen Ergebnisse.

1. Wiederholbarkeit der Methode.
2. Durchschnittlich gleichmäßige Belagbildungsrate pro Zahn in einer Gruppe von Versuchspersonen.
3. Symmetrische Verteilung der Belaggewichte auf die linke und rechte Kieferhälfte.
4. Ein Versuchsfehler von 22,4 % je Versuchsperson, durch einen geringen Methodenfehler und die große Variabilität biologischer Einflüsse bedingt, ermöglicht eine zwar objektive, aber nicht genaue Aussage über die Belagbildungsgeschwindigkeit. (Der um 2,79 % größere Versuchsfehler der vorliegenden Untersuchungen bedingt eine etwas größere Ungenauigkeit der Versuchsergebnisse.)

Die Belagbildungsrate im Unterkiefer:

Auf den Plättchen I bildeten sich je mm^2 und Tag in der 3-Tage-Periode 3,77 µg, in der 6-Tage-Periode 3,15 µg ind in der 9-Tage-Periode 3,12 µg Beläge. Am mittleren unteren Incisivus bestand also während aller Perioden eine annähernd gleichmäßige Belagbildungsrate. Die Ratenverminderung betrug bei der 6-Tage-Periode -0,62 µg (= 16,44 %), bei der 9-Tage-Periode -0,65 µg (= 17,84 %) gegenüber der Belagbildungsrate der 3-Tage-Periode (3,77 µg = 100 %). Die Ratenminderung war gleichmäßig. Sie kann verschiedene Ursachen haben:

1. Kurz nach Applikation der Plättchen könnte bis zur Eingewöhnung wegen der Reizung des Parodontiums und der Fremdkörpereigenschaft der Plättchen eine vermehrte Belagbildung stattgefunden haben. Diese Vermutung wurde auch von TURESKY et al. (24) und SCHROEDER et al. (15) geäußert. Eine initiale Ratenerhöhung würde die während einer kurzen Tragedauer bestimmte durchschnittliche Bildungsrate stärker erhöhen als die während eines längeren Zeitraumes bestimmte Rate.
2. Es könnte eine tatsächliche Abnahme der Belagbildungsgeschwindigkeit schon innerhalb der ersten 9 Tage stattgefunden haben.

Eine Prüfung des Einflusses dieser Faktoren ist anhand der vorliegenden Untersuchungen nicht möglich.

Die eigenen Untersuchungen ergaben auf der Folie I eine annähernd gleichmäßige Belagbildungsrate. Dieses Ergebnis entspricht dem Resultat der Züricher Untersuchungen. Durch diese Übereinstimmung wird für die eigenen Untersuchungen ein Fehler in der Anwendung der Methodik und Durchführung der Versuche ausgeschlossen.

Die Belagbildungsrate im Oberkiefer:

Auf den Plättchen V bildeten sich je mm^2 und Tag in der 3-Tage-Periode 1,70 µg, in der 6-Tage-Periode 1,10 µg und in der 9-Tage-Periode 0,54 µg Beläge.

Am oberen zweiten Prämolaren bestand also während der 3 Versuchsperioden eine sehr unterschiedliche Bildungsrate. Mit zunehmender Tragedauer verminderte sich die Belagbildungsgeschwindigkeit rasch, und zwar bei der 6-Tage-Periode um 0,60 µg (= 35,29 %), bei der 9-Tage-Periode um 1,16 µg (= 68,23 %) gegenüber einer Bildungsrate von 1,70 µg (= 100 %) während der 3-Tage-Periode.

Ebenso bestand am oberen ersten Molaren eine bedeutende Abnahme der Belagbildungsrate bei Verlängerung der Versuchsperioden. Während der 3-Tage-Periode betrug die Bildungsrate 2,50 µg pro mm^2 und Tag, während der 6-Tage-Periode 1,78 µg und während der 9-Tage-Periode 0,80 µg. Die Rate verminderte sich bei der 6-Tage-Periode um 0,72 µg (= 28,80 %), bei der 9-Tage-Periode um 1,70 µg (= 68,00 %) gegenüber der Rate von 2,50 µg (= 100 %) während der 3-Tage-Periode.

Die prozentuale Ratenminderung auf den Folien V und VI war bei den beiden längeren Versuchsperioden annähernd gleichgroß.

Diese bedeutende und mit der Applikationsdauer der Plättchen steigende Ratenminderung kann verschiedene Ursachen haben. (Fehler der Versuchsausführung oder Methodik sind ausgeschlossen, da die Messungen an unteren Frontzähnen gleichzeitig und unter gleichen Bedingungen durchgeführt wurden.)

1. Eine gegenüber unteren Frontzähnen geringere Bildungsrate im Seitenzahngebiet des Oberkiefers war zu erwarten. Die anfänglich hohe Bildungsrate könnte wie an unteren Frontzähnen durch die Reizung des Parodontiums bedingt sein. Die Rate würde dann mit der Gewöhnung an die Plättchen sinken. Gegen diese Annahme spricht, daß die Versuchspersonen keine Gewöhnung beobachteten und entzündliche Veränderungen des buccalen Gingivalsaumes bis über die Applikationsdauer hinaus beobachtet wurden. Außerdem wurde durch die Meßergebnisse dargestellt, daß sich während der längsten Applikationsdauer (9-Tage-Periode) in der Gruppe weniger Beläge bildeten als während der kürzesten Periode (3 Tage). Auch bei extremen Sinken der Bildungsrate wäre mit zunehmender Tragedauer der Plättchen das Gesamtbelaggewicht gestiegen. Deshalb ist ein "normales" Sinken der Belagbildungsrate als alleinige Ursache der beobachteten Ratenminderung ausgeschlossen.

2. Die Abnahme der Gesamtbelagmenge bei längerer Tragedauer und die Verminderung der Bildungsgeschwindigkeit wird wahrscheinlich durch den nicht reizlosen Sitz der Plättchen verursacht. Nach dem Anbringen der Plättchen waren die Versuchspersonen zunächst beschwerdefrei. Besonders während des Essens trat eine Reizung des Parodontiums auf, die Abwehr- und Reinigungsbewegungen von Zunge und Wange auslöste. Dieses fortdauernde Reiben über die mit Plättchen armierten Zähne störte die Belagbildung. Die Beschwerden nahmen bei längerer Tragedauer zu und veranlaßten eine verstärkte Selbstreinigung durch Zunge und Wange. Außerdem können Manipulationen an den Plättchen eine Verminderung

des Belaggewichtes verursacht haben, wie z.B. das oben erwähnte Herausziehen aus der Zahnfleischtasche oder ein versehentliches Bürsten beim Zähneputzen.

Die Plättchen wurden ebenso wie im Unterkiefer nur leicht in den Taschenfundus gestellt. Der Haltefaden lief wie im Unterkiefer unterhalb des Kontaktpunktes um den Zahn herum und war sorgfältig und fest vierfach verknotet. Trotzdem veränderten die Plättchen ihren anfänglich reizlosen Sitz und verursachten eine ständige Störung der Belagbildung, so daß quantitativ zuverlässige Messungen der Bildungsrate im Oberkieferseitenzahnbereich und damit Vergleiche mit dem Frontzahngebiet des Unterkiefers nicht möglich waren.

Aufgrund dieser Beobachtungen kann festgestellt werden, daß die Applikationsweise der Zahnsteinträger, die sich für untere Incisivi bewährt hatte, sich nicht für die Prämolaren und Molaren im Oberkiefer eignete.

Für das ungünstige Verhalten der Plättchen im Oberkiefer ist die starke mechanische Beanspruchung der Haltevorrichtung in Gegend des Kauzentrums verantwortlich. Eine weitere Ursache wird in der konvexen Form der Buccalflächen oberer Prämolaren und Molaren gesehen, die im Gegensatz zur konkaven Lingualfläche unterer Incisivi einen dichten Randschluß der Plättchen über längere Zeit nicht ermöglicht.

V ZUSAMMENFASSUNG

Nach einem Überblick über die Entwicklung der In-vivo-Zahnsteinforschung beschreibt die vorliegende Arbeit eine von SCHROEDER et al. (z.B. 13) entwickelte Methode zur quantitativen Untersuchung der Zahnsteinbildung an unteren mittleren Incisivi. In den vorliegenden Untersuchungen wird versucht, diese Methode für die Messung der Bildungsrate frühen Zahnsteins im Oberkieferseitenzahngebiet anzuwenden. Es wurden Kunststoffplättchen als Zahnsteinträger benutzt, die sich nur in der Form von den von SCHROEDER et al. (z.B. 13) verwendeten Trägern unterschieden.

Bei Kontrollversuchen an unteren Incisivi erhaltene Ergebnisse stimmen mit denen der zitierten Autoren weitgehend überein und beweisen die Exaktheit der reproduzierten Methode. Die für die Seitenzähne des Oberkiefers hergestellten und auf ihre Verwendbarkeit für quantitative Untersuchungen geprüften Plättchen ergaben keine zuverlässigen Resultate.

Die Ursache ist darin zu sehen, daß die Applikationsweise sich nicht für das Seitenzahngebiet des Oberkiefers eignet. Die Haltevorrichtung hielt der starken mechanischen Beanspruchung in Gegend des Kauzentrums nicht ausreichend stand. Die Plättchen verschoben sich trotz sorgfältiger Befestigung, reizten das Parodontium und verursachten dadurch eine Störung der Belagbildung durch die reaktive übermäßige Selbstreinigung durch Zunge und Wangenmuskulatur.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. A. Kröncke für die Überlassung des Themas und für seine Anleitungen während der Arbeit herzlich danken. Herrn Dr. H.-J. Gülzow fühle ich mich wegen zahlreicher fachlicher Hinweise und seiner stetigen Bereitschaft zu fruchtbaren Diskussionen sehr zu Dank verpflichtet.

VI LITERATURVERZEICHNIS

1	BAER, P.N. and BURSTONE, M.S.:	Esterase Activity associated with Formation of Deposits on Teeth. Oral. Surg. 12, 147 (1959)
2	DOSSENBACH, W.F. and MÜHLEMANN, H.R.:	Effect of Penicillin and Ricinoleate on Early Calculus Formation. Helv. odont. Acta 5, 25 (1961)
3	ENNEVER, J., ROBINSON, H.B. and KITCHIN, P.C.:	Studies of the Bacterial Plaques and Dental Caries. J. dent. Res. 27, 599 (1948)
4	HAZEN, St.P. and ZANDER, H.A.:	Four Week old Calculus. J. dent. Res. 38, 710 (1960)
5	HAZEN, St.P.:	A Study of 1-Day and 3-Day Calculus. J. dent. Res. 39, 709 (1960)
6	LENZ, H., SCHROEDER, H.E. und MÜHLEMANN, H.R.:	Beitrag zur Mikromorphologie und Genese des Zahnsteins. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 74, 132 (1964)
7	MANDEL, J.D., LEVY, B.M. and WASSERMANN, B.H.:	Histochemistry of Calculus Formation. J. Periodont. 28, 132 (1957)
8	MARTHALER, T.M., SCHROEDER, H.E. and MÜHLEMANN, H.R.:	A Method for the Quantitative Assessement of Plaque and Calculus Formation. Helv. odont. Acta 5, 39 (1961)
9	MÜHLEMANN, H.R. and SCHNEIDER, U.:	Early Calculus Formation. Helv. odont. Acta 3, 22 (1959)
10	MULLER, E., SCHROEDER, H.E. and MÜHLEMANN, H.R.:	The Effects of two Oral Antiseptics on Early Calculus Formation. Helv. odont Acta 6, 42 (1962)

11	SCHNEIDER, U.:	Frühstadien des Zahnsteins. Eine histologische Studie. Med. Diss., Zürich, 1959
12	SCHNEIDER, U. und MÜHLEMANN, H.R.:	Frühstadien des Zahnsteins. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 69, 755 (1959)
13	SCHROEDER, H.E. und MARTHALER, T.M.:	Normierte Folien als Zahnsteinträger. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 71, 596 (1961)
14	SCHROEDER, H.E., MARTHALER, T.M. and MÜHLEMANN, H.R.:	Effects of some Potential Inhibitors on Early Calculus Formation. Helv. odont. Acta 6, 6 (1962)
15	SCHROEDER, H.E. and MARTHALER, T.M.:	A Study of the Initial Calculus Formation Rate on Foils. Helv. odont. Acta 6, 38 (1962)
16	SCHROEDER, H.E., SCHAIT, A. und MÜHLEMANN, H.R.:	Frühstadien der Zahnsteinbildung und ihre chemische Beeinflussung. Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 1606 (1962)
17	SCHROEDER, H.E. und MÜHLEMANN, H.R.:	Experimentelle quantitative In-vivo-Zahnsteinstudie. Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 37, 283 (1962)
18	SCHROEDER, H.E., MULLER, E. and MÜHLEMANN, H.R.:	The Influence of Fluoride and Phosphate Lozenges on Early Calculus Formation. Helv. odont. Acta 7, 12 (1963)
19	SCHROEDER, H.E.:	Inorganic Content and Histology of Early Dental Calculus in Man. Helv. odont. Acta 7, 17 (1963)
20	SCHROEDER, H.E., LENZ, H. and MÜHLEMANN, H.R.:	Microstructures and Mineralization of Early Dental Calculus. Helv. odont. Acta 8, 1 (1964)
21	SCHROEDER, H.E. and MÜHLEMANN, H.R.:	Rate of Formation, Distribution and Inorganic Composition of Early Dental Calculus. Helv. odont. Acta 8, 17 (1964)

22 SCHROEDER, H.E., LENZ, H. und MÜHLEMANN, H.R.: Mikrostrukturen und Verkalkungsvorgänge im jungen Zahnstein. Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 124 (1964)

23 SCOTT, D.B., WRIGHT, D.N. and ZANDER, H.A.: An Electron-Microscopic Study of Calculogenesis. J. dent. Res. 39, 709 (1960)

24 TURESKY, S., RENSTRUP, G. and GLICKMANN, I.: Histologic and Histochemical Observations Regarding Early Calculus Formation in Children and Adults. J. Periodont. 32, 7 (1961)

25 VORAEDIS, E.G. and ZANDER, H.A.: Cuticular Calculus Attachment. Oral Surg. 11, 1120 (1958)

26 WASSERMANN, B.H., MANDEL, J.D. and LEVY, B.M.: In Vitro Calcification of Dental Calculus. J. Periodont. 29, 144 (1958)

27 ZANDER, H.A.: A Method for Studying "The Epithelial Attachment". J. dent. Res. 35, 308 (1956)

Lebenslauf

Am 7. August 1937 wurde ich in Hamburg als ältestes von 4 Kindern des Goldschmiedes Ernst Kahlbrandt geboren.

Von 1943 bis 1947 besuchte ich die Grundschule, darauf die wissenschaftliche Oberschule in Hamburg, die ich im Jahre 1955 mit dem Zeugnis der Reife verließ.

In den Jahren 1956 bis 1958 studierte ich an der Universität Tübingen, im Jahre 1959 an der Universität Hamburg englische und französische Literaturgeschichte und Sprache.

Im Jahre 1960 begann ich in Tübingen das Studium der Zahnheilkunde. Nach 5 Semestern bestand ich im Herbst 1962, ebenfalls in Tübingen, die zahnärztliche Vorprüfung. Nach einem 5-semestrigen klinischen Studium am Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen legte ich nach dem Sommersemester 1965 in Tübingen die zahnärztliche Prüfung ab.